

# Méthode d'aménagement en courbes de niveau à l'échelle du champ

J. GIGOU

Icrisat-Cirad, BP 320, Bamako, Mali

**Résumé** — L'échelle du champ peut paraître paradoxale pour des aménagements en courbe de niveau, car l'eau ruisselle du haut vers le bas de la pente. Mais les droits fonciers sur les champs sont bien établis, ce qui compense largement les difficultés techniques particulières. Dans une démarche de type « recherche-action », une série de tests d'aménagements a été réalisée dans des champs de paysans volontaires où, après un diagnostic de situation, les courbes de niveau ont été matérialisées par des ados en terre, enherbés, réalisés à la charrue à bœufs et complétés à la main. Le piquetage de ces courbes de niveau est fait directement sur le champ, sans levé topographique préalable et sans qu'il soit nécessaire de faire appel à des topographes spécialisés. La culture en billons de niveau permet alors de conserver l'eau et le sol. Dans la région Mali-Sud, elle est possible sans modifications importantes des autres techniques de cultures employées. Chaque fois que nécessaire, des dispositifs permettent d'évacuer l'eau qui arrive de l'amont et de drainer l'eau en excès. Les questions des paysans ont porté fréquemment sur des problèmes d'excès d'eau ou de ruissellement excessif. C'est finalement toute la maîtrise de l'eau pluviale qui intéresse les paysans, soit pour la conserver et l'utiliser au mieux, soit pour évacuer les excès en faisant le moins de dégâts possibles.

**Abstract** — **Contour cultivation technique applied at the field level.** Employing contour cultivation at the level of the field may seem inappropriate since water runs down the slope irrespective of field boundaries. But traditional land tenure gives extensive rights to the farmer in his own fields, which can do more than compensate for specific technical difficulties. In this action-research type experimentation, fields of volunteer farmers were converted to contour cultivation following diagnosis of the problems resulting from runoff. Permanent contour lines consisting of earth ridges were made by oxen-drawn plow, completed by hand and finally covered with grass. The mapping of contour lines is directly made in the farm without any topographic aid and without the services of a topographer. Cropping on ridges along contour lines therefore permits water and soil conservation. In Mali-Sud, the southeastern region of Mali, it can be used without significantly modifying existing cropping techniques. When necessary, ditches are dug to drain running water from upper slopes and excess run-offs. Farmers

concern dwelt mostly on the problems of excess water or excessive run-offs. Indeed, they are interested on the control of rainwater, either to store it for better uses, or to drain what is in excess with the least possible damage to crops.

L'échelle du champ peut paraître paradoxale pour des aménagements en courbe de niveau. En effet l'eau ruisselle du haut vers le bas de la pente et il semblerait, à priori, plus logique de concevoir les aménagements à l'échelle du versant tout entier ou du village (Ctft, 1969 ; Hijkoop et Van der Poel, 1989). Cependant, les droits fonciers sur un versant sont répartis entre de nombreux paysans et des éleveurs, qui n'ont pas tous les mêmes intérêts pour un aménagement global. Dans de très nombreux cas, il est difficile de réaliser un aménagement global et de l'entretenir pour qu'il fonctionne correctement (Marchal, 1986 ; Delisle et Jacob, 1995).

Au contraire, le chef d'exploitation a des droits fonciers bien reconnus et peut décider librement des techniques qu'il appliquera sur ses propres parcelles, si bien qu'il est plus facile de mettre en œuvre des solutions à l'échelle de la parcelle. Cependant, un certain nombre de précautions doivent être prises pour maîtriser les eaux venant de l'amont, quand il y en a, et pour évacuer les éventuels excès d'eau de la parcelle.

Cet article explique les méthodes pratiques pour le diagnostic de terrain et la réalisation des aménagements, telles qu'elles ont commencé à être appliquées dans le cadre d'un test d'aménagement de champs de paysans, conduit suivant les principes de la « recherche-action » (Vallerand, 1994), en commun avec la Cmdt (Compagnie malienne des textiles) et l'Ier-Espgrn (Institut d'économie rurale - Equipe systèmes de production et gestion des ressources naturelles). Les observations de l'année 1996

ont permis de préciser les modalités pratiques d'application des principes exposés en octobre 1995 à l'atelier de Bobo Dioulasso (à paraître).

## Conditions de réalisation des aménagements

Les aménagements des champs intéressent les paysans uniquement s'ils permettent d'améliorer les productions sans induire des contraintes importantes. Les conditions de l'agriculture de la région Mali-Sud sont favorables à ces aménagements, à condition de s'adapter aux objectifs et aux situations de chaque paysan.

### Orienter les billons suivant les courbes de niveau

Dans la région Mali-Sud, les paysans utilisent des techniques de culture sur billons, soit par billonnage direct en début de saison des pluies et semis sur les billons (région de Fana), soit par semis à plat en ligne et buttage en cours de culture. Ces techniques adaptées à la culture attelée ont presque complètement remplacé les techniques manuelles traditionnelles de cultures sur buttes. S'ils sont bien orientés, ces billons peuvent être un bon moyen pour retenir l'eau et la faire infiltrer. C'est pourquoi les services de vulgarisation ont conseillé de les placer perpendiculairement à la pente principale. Mais les paysans ont constaté que cela était dangereux quand la surface du sol était ondulée : les billons rectilignes conduisent alors l'eau vers les points bas, où elle déborde, ce qui peut créer des ravines. En conséquence, ils préfèrent orienter leurs billons dans le sens de la pente ou dans un sens oblique par rapport à la plus grande pente, de telle façon qu'il n'y ait pas de contre-pente et que l'eau puisse s'écouler dans les sillons interbillons. Ce système évite la formation des ravines, mais il entraîne

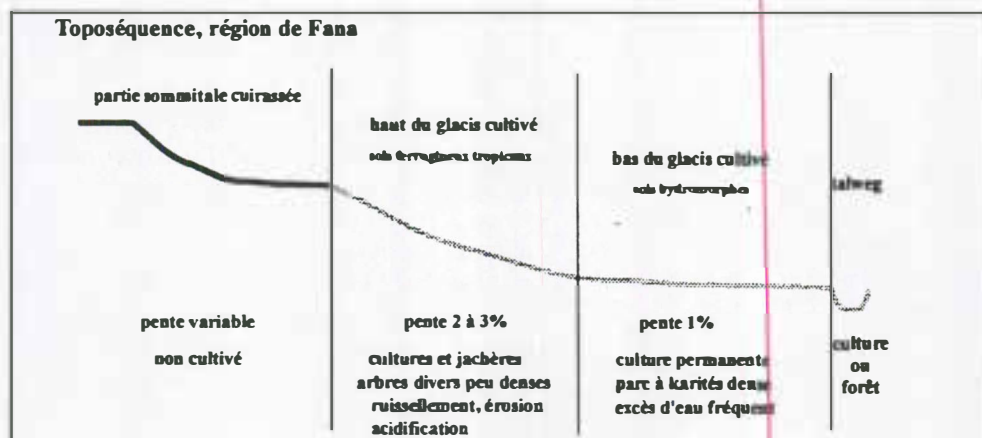
la perte d'eau par ruissellement et une érosion différentielle entre les billons, où le ruissellement laisse le sable appauvri en matière organique et en argile.

Les billons en courbes de niveau, permettent de conserver l'eau, sans faire apparaître des points bas fragiles, et donc de limiter considérablement l'érosion. Cependant, le paysan ne peut suivre la courbe de niveau que si elle est matérialisée sur le champ, par exemple par un fossé, un cordon pierreux ou un alignement d'arbres. Inversement, en culture attelée ou même en petite motorisation, les paysans n'éprouvent pas de difficultés pour réaliser leur billons ou leurs semis au semoir en suivant les courbes de niveau bien matérialisées.

### Prendre en compte la diversité des situations

Dans un même village et sur un même versant, les problèmes à traiter varient en fonction du sol et de la position topographique. Ainsi, dans la région de Fana ou entre Sikasso et Koutiala, on observe souvent des toposéquences, schématisées sur la figure 1, qui font apparaître simultanément des problèmes liés au ruissellement et à l'érosion dans les parties les plus hautes et d'autres liés à l'excès d'eau dans les parties basses.

Sur les champs, où des tests d'aménagement ont été réalisés, les problèmes d'érosion en ravines ou de ruissellement interbillon avec érosion différentielle des éléments fins ont évidemment été les plus fréquents. Cependant, dans au moins un quart des cas, il n'y avait pas de problème grave d'érosion, mais soit un fort ruissellement, sur un sol en pente faible avec une croûte superficielle peu perméable, soit un excès d'eau pendant les périodes très pluvieuses. Un cas de sédimentation de sable dans un champ cultivé en coton a même été observé. Les réponses doivent donc s'adapter à ces différentes situations.



**Figure 1.** Schéma d'une toposéquence cultivée fréquente dans la région de Fana au Mali. La longueur est de un à deux kilomètres et la dénivellée de quelques dizaines de mètres.

## S'adapter aux contraintes des exploitations agricoles

Les exploitations agricoles sont très variables en fonction de leur force de travail disponible et de leur équipement, mais aussi des objectifs poursuivis par le chef d'exploitation et par les différents membres de l'exploitation. Ainsi certaines exploitations recherchent un aménagement aussi complet que possible, alors que d'autres se contentent d'un simple fossé de dérivation qui évite les dégâts les plus visibles. Parfois le chef d'exploitation demande un aménagement qui n'est pas souhaité par les autres membres et ne sera pas correctement réalisé.

Quand la force de travail est faible, il faut prévoir d'étaler la réalisation des travaux sur un plus grand nombre d'années. La mortalité des bœufs réduit considérablement la capacité de travail de l'exploitation, ce qui peut obliger à remettre à plus tard un aménagement prévu ou même déjà partiellement réalisé.

Pour toutes ces raisons, il est généralement préférable de commencer par l'aménagement d'une petite surface, un ou deux hectares, la première année, puis de compléter progressivement sur l'ensemble de l'exploitation pendant les années suivantes. Quelle que soit la méthode utilisée, l'aménagement est toujours une œuvre de longue haleine (Van Campen, 1991 ; Hijkoop *et al.*, 1991).

## S'insérer dans le calendrier culturel

Au début de la saison des pluies, la priorité des paysans va aux semis puis aux sarclages. Cette période conviendrait parfaitement pour la réalisation des aménagements antiérosifs, mais ces travaux doivent céder la priorité aux semis. Cela oblige donc à prévoir des travaux dans les périodes moins chargées du calendrier agricole, même si elles sont moins

favorables. Les pluies très précoces, avant la période des semis, conviennent bien, mais certaines années, les travaux prévus à cette période ne peuvent pas être faits, faute de pluie.

Pour respecter cette priorité aux travaux agricoles, les méthodes d'aménagements doivent être adaptées. Par exemple, il serait complètement irréaliste de conseiller de fabriquer de beaux ados en terre, bien damés en période humide et talutés suivant un gabarit prédéterminé. Au contraire, l'ados réalisé au départ est généralement très modeste et il se tassera spontanément pendant la saison des pluies. Il subira probablement quelques cassures au moment des plus grosses pluies, mais en les réparant on pourra augmenter la taille de l'ados dans les points faibles et le rendre progressivement plus solide. Dès la première année, ce petit ados est suffisant pour marquer la courbe de niveau et permettre l'orientation de niveau des billons. Tous ces travaux restent compatibles avec le calendrier agricole.

## Méthode d'aménagement des champs

### Principe de l'aménagement

L'aménagement d'un champ situé au milieu d'un versant où les autres champs ne sont pas aménagés présente deux caractéristiques spécifiques :

- il peut recevoir de l'eau venant de l'amont ;
- il peut fournir un excès d'eau à évacuer vers l'aval.

Aussi l'aménagement doit prévoir des ouvrages de diversion de l'eau chaque fois qu'il en arrive de l'amont et, s'il y a un excès d'eau, choisir des exutoires et éventuellement les agrandir ou les rectifier (figure 2).

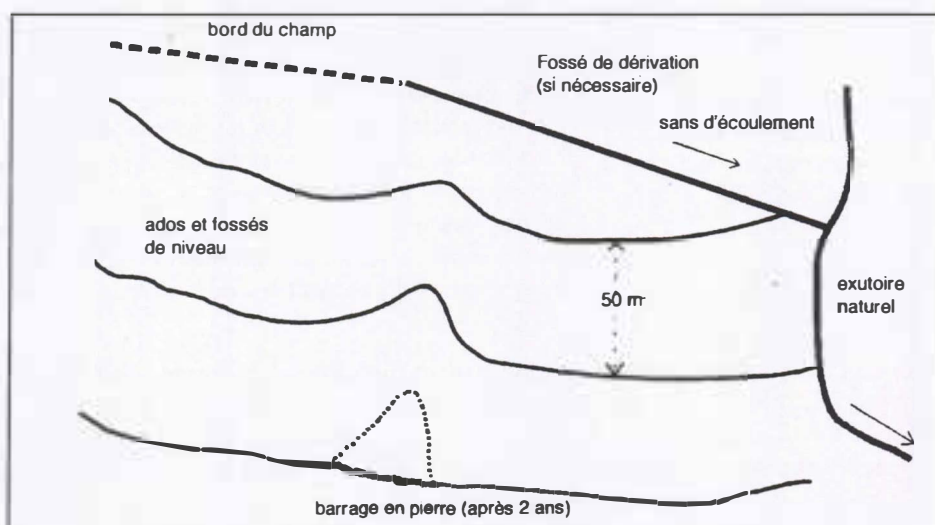


Figure 2. Schéma d'aménagement d'un champ en courbe de niveau.



Ensuite l'ensemble du champ est aménagé en courbes de niveau, matérialisées en général par des ados et fossés enherbés. Toutes les opérations culturales seront ensuite faites suivant les courbes de niveau et en particulier le billonnage, le semis et les buttages, ce qui permet une rétention maximum de l'eau entre les billons et son infiltration. Les billons restent ouverts aux extrémités, pour permettre l'écoulement de l'excès d'eau vers les zones d'écoulement naturel.

Le rôle de l'ados de niveau n'est pas de retenir toute l'eau, ce qui demanderait un terrassement important, mais de marquer de façon permanente la courbe de niveau pour que les billons la suivent. L'essentiel de l'effet de l'aménagement est dû à ces billons en courbes de niveau qui retiennent l'eau et la forcent à s'infiltrer, ce qui d'une part permet une meilleure alimentation en eau des cultures et d'autre part diminue fortement le ruissellement et l'érosion. Cette technique est facilement acceptée des paysans car elle améliore leur technique traditionnelle de culture sur billons.

Les dénivelés et les distances entre courbes sont schématisés sur la figure 3. La distance entre deux courbes successives est  $L_1$  correspondant à 80 cm de dénivelé si la pente est suffisante pour que  $L_1 < 50$  m et  $L_2 = 50$  m dans le cas contraire. Le passage de l'un à l'autre correspond donc à une pente de 1,6 %, mais dans notre méthode de piquetage des courbes directement au champ, cette pente n'a pas besoin d'être mesurée.

## Diagnostic de situation avant aménagement

### Principe

Avant tout aménagement, le vulgarisateur, responsable de l'aménagement, doit faire avec le paysan un diagnostic de la situation de son champ, des écoulements de l'eau et des problèmes d'érosion, ou éventuellement des défauts d'infiltration et excès d'eau, afin de proposer des solutions. Pour être compatible avec la vulgarisation à grande échelle, ce diagnostic doit être réalisé avec des moyens très simples : le témoignage du paysan et les observations qui peuvent être faites lors d'une simple visite du champ avec le paysan, sans instruments complexes.

La partie à aménager couvre en général un champ isolé ou un groupe de champs contigus appartenant à une seule exploitation. Parfois plusieurs paysans voisins demandent un aménagement coordonné, ce qui peut simplifier l'organisation de la circulation de l'eau. Cependant, s'il n'y a pas de demande spontanée, il vaut mieux éviter de proposer des aménagements communs à plusieurs paysans, car ce pourrait

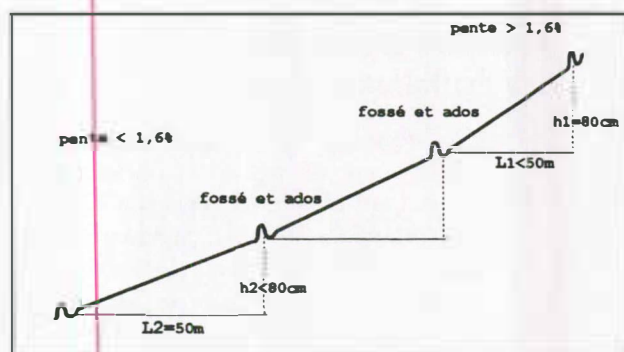


Figure 3. Distance entre les courbes de niveau suivant la pente.

être une source de conflits ultérieurs. Le diagnostic doit tenir compte des champs voisins et des zones cultivées environnantes pour repérer les arrivées d'eau de l'extérieur et choisir les exutoires.

Le diagnostic permet de reconstituer la circulation de l'eau dans le champ et autour du champ. Des solutions peuvent alors être proposées pour chaque problème. Il s'en dégage un schéma global d'aménagement, qui pourra être réalisé progressivement, sur plusieurs années.

### Circulation de l'eau

La première étape du diagnostic consiste à reconstituer la circulation de l'eau, ce qui est possible sur le champ, même en saison sèche, grâce aux déclarations du paysan et aux traces sur le sol. Ainsi on observera successivement : les ravines et rigoles, l'eau venant de l'amont, le ruissellement diffus et les excès d'eau.

#### LES RAVINES ET RIGOLES

Ce sont les marques les plus visibles de la circulation de l'eau et leur observation permet de répondre à plusieurs questions utiles pour le diagnostic.

Y a-t-il des ravines ou des rigoles ? Il n'y en a pas quand la circulation de l'eau est peu concentrée. S'il y en a, il faut les suivre en remontant la pente. Quand elles prennent naissance à l'intérieur du champ, l'aménagement en courbes de niveau, en augmentant l'infiltration de l'eau, permettra de diminuer considérablement leur débit et souvent de les faire disparaître après quelques années. Par contre, si leur origine est en amont du champ, alors il faudra soit les conserver pour évacuer l'eau, soit les dériver vers les exutoires choisis.

Quelles sont les formes des ravines ? Elles peuvent être encaissées en U, évasées en V, aplaties. Il faut observer leur profondeur, leur largeur, l'état des berges (cultivées, sarclées ou couvertes de végétation).

Y a-t-il des traces d'évolution actuelle ? Une ravine évolue dans le temps. Elle creuse à l'amont, s'élargit plus bas par érosion des berges et se remplit de sable à l'aval. Le système dans son ensemble « remonte » la pente, jusqu'à ce qu'il trouve une couche dure, roche ou cuirasse qui empêche le creusement.

Y a-t-il dépôt de sable dans le fond de la ravine ? Cette sédimentation indique que la ravine ne creuse plus dans cette zone. Mais il peut y avoir au contraire un excès de dépôt de sable qui entraîne le déplacement de la circulation de l'eau vers le champ voisin, avec des risques d'une part de l'érosion de la bonne terre et d'autre part de dépôts de sable stérile, deux choses gênantes pour la culture.

Quelles mesures anti-érosives ont été réalisées et quel a été leur effet ? Il est fréquent que les paysans essayent d'arrêter les ravines par des méthodes traditionnelles (dépôts de branchages, etc.) ou conseillées par la vulgarisation (barrages en pierres, fascines). Suivant les cas, il peut en résulter un dépôt d'alluvions et la stabilisation de la ravine, ou au contraire son déplacement de quelques mètres vers le champ voisin où elle érode fortement.

#### L'EAU VENANT DE L'AMONT

L'eau peut arriver sous forme de ruissellement concentré, en formant des ravines bien visibles ou bien de ruissellement diffus, plus difficile à repérer, mais qui laisse des petits dépôts de sable ou des traces d'arrachement de terre sur la limite du champ cultivé. Souvent le ruissellement diffus se concentre à l'intérieur du champ, en suivant les billons, jusqu'à former des rigoles puis des ravines.

#### LE RUISSellement DIFFUS

C'est le ruissellement qui n'est pas concentré. Il peut se produire dans le milieu naturel, sur des surfaces dures ou couvertes de végétation, ou dans les champs cultivés à plat, quand une croûte dure s'est formée. Dans les champs cultivés en billons, l'eau circule entre les billons, sans se concentrer, mais elle peut parfois déborder d'un billon à l'autre.

Pour repérer le ruissellement diffus, il faut chercher les traces des mouvements de terre qui peuvent l'accompagner : arrachement de terre, dépôt de sable dans les points bas, horizons sableux en surface, signe de l'érosion différentielle qui s'est produite (ancienne ou récente ?).

S'il n'y a pas de traces d'arrachement de terre ni de dépôts importants, alors il faut examiner l'hypothèse d'un ruissellement diffus sans érosion. Ce cas n'est pas rare, aussi bien dans les champs cultivés que sur les zones dénudées non cultivées, quand la pente est faible et que la surface du sol est durcie par une croûte parfois recouverte par une couche d'algues.

#### LES EXCÈS D'EAU

Ils sont marqués par la végétation, par l'eau qui stagne, par les dépôts d'argile et de limons. Le témoignage du paysan est important.

#### Schéma global de l'aménagement

Il faut envisager un schéma global de l'aménagement dès le départ, même si la réalisation doit se poursuivre sur plusieurs années. Pour cela il faut prévoir :

- l'évacuation de l'eau ;
- les fossés de dérivation en amont ;
- l'ordre de priorité des aménagements.

Ce n'est pas autour des ravines qu'il faut organiser l'aménagement, mais plutôt autour de la circulation de l'eau, car les ravines n'en sont qu'une conséquence. L'observation des ravines en place a permis de comprendre les problèmes et de proposer une solution globale. Le traitement qui sera réservé aux ravines dépendra de leur conservation ou non comme exutoire.

#### EVACUATION DE L'EAU

Quelques remarques de bon sens permettent de faire des choix judicieux :

- il faut évacuer l'eau qui vient de l'amont et l'eau en excès par rapport à ce qui peut s'infiltrer, de telle façon qu'elle ne fasse pas de dégâts et qu'elle gêne le moins possible les cultures ;
- s'il ne vient pas d'eau de l'amont et si le sol est perméable, on peut faire infiltrer toute l'eau qui tombe sur la parcelle et ne pas prévoir de système d'évacuation. Ce cas est fréquent dans les petits champs, l'aménagement se limite, alors, aux courbes de niveau ;
- les grandes ravines qui viennent de l'amont doivent soit, de préférence, être conservées et servir à l'évacuation de l'eau, soit être dérivées vers d'autres exutoires que l'on a décidé de conserver ;
- l'eau qui arrive de l'amont de façon diffuse, en excès par rapport à ce qui peut être infiltré, doit être dérivée vers les exutoires conservés ;
- l'excès d'eau des zones basses doit être drainé ;
- quand le sol est peu perméable, l'excès d'eau doit pouvoir s'évacuer sans dégâts.

#### CHOIX DES EXUTOIRES

On préférera les exutoires naturels les plus stables, à proximité immédiate du champ, ou à l'intérieur du champ. Ce choix doit tenir compte des contraintes pour établir les fossés de dérivation en amont et des contraintes de voisinage. Il faut choisir de préférence :

- les ravines principales ;
- les zones de passage de l'eau dans le fond des talwegs, qu'ils soient ravinés ou non ;



- les zones de végétation naturelle où l'eau circule sans éroder ;
- à défaut, on creusera un fossé d'évacuation, de préférence en bordure du champ ;
- dans les zones d'excès d'eau, on devra creuser un fossé de drainage.

Il y a généralement plusieurs solutions possibles. Il faut donc :

- laisser le choix au paysan, en lui précisant bien les avantages et les inconvénients de chaque solution proposée ;
- prévoir que le paysan pourra changer d'avis et, par exemple, vouloir supprimer ultérieurement une ravine d'abord conservée.

#### FOSSÉS DE DÉRIVATION À L'AMONT

Ils sont nécessaires quand de l'eau arrive de l'amont, en dehors des passages retenus comme exutoires. Ces fossés collectent les eaux du ruissellement diffus et des petites ravines non conservées et les dirigent vers les exutoires choisis. Il est souhaitable que leur pente soit d'environ 0,2 à 0,3 %, mais elle peut être plus forte pour un fossé qui suit le bord du champ.

Il est préférable de les installer sur le bord du champ, si la pente est régulière et si les « contre-pentes » ne dépassent pas 20 cm. Le fossé doit être creusé plus profondément dans les points hauts et l'ados renforcé dans les points bas pour que la pente finale soit régulière. Si la pente est faible, il faut le curer régulièrement pour enlever le sable qui se dépose. Si la pente est plus forte (0,5 % ou plus), l'eau peut recreuser le fond du fossé et il faut le laisser s'enherber rapidement et éventuellement fixer ses bords grâce à la végétation.

Si la pente au bord du champ ne permet pas cette disposition, on pourra faire passer le fossé de dérivation, en partie ou totalement soit hors du champ, dans des zones non cultivées et n'appartenant pas à un autre paysan, soit à l'intérieur du champ, en laissant hors de l'aménagement quelques petites zones, qui peuvent être plantées en cultures pérennes (arbres, fourrage).

#### COURBES DE NIVEAU

S'il n'y a ni ravine, ni fossé de dérivation, on trace les courbes de niveau à partir du point haut du champ. Sinon, toutes les parties du champ à l'aval des fossés de dérivation et entre les exutoires choisis pour l'évacuation de l'eau seront aménagées en courbes de niveau, mais les anciennes ravines dans ces zones ne seront récupérées que progressivement. Il faut interrompre les ados de terre au passage des anciennes ravines et l'on peut :

- soit laisser la ravine s'enherber, puis après quelques années, compléter les ados soit par des ados de terre, soit par des barrages en pierres, qui permettent le

passage de l'eau en excès lors des averses exceptionnelles ;

- soit compléter l'ados de niveau par un barrage en pierres, au moment de l'aménagement. Cet ouvrage freine l'eau sans l'arrêter et la culture devient possible dans la ravine. Si la ravine est aplatée et peu profonde, il vaut mieux attendre la deuxième année pour que l'ados de terre soit stabilisé, avant de faire ce barrage.

#### Choix des types d'ouvrages

Pour les courbes de niveau et les fossés de dérivation, on utilise principalement des ados enherbés avec un fossé amont (figure 4). Leur réalisation et leur entretien s'intègrent dans les autres techniques culturales sans problèmes particuliers. Leurs caractéristiques peuvent être résumées ainsi :

- réalisation rapide avec les bœufs (2 heures/ha), pas très longue avec la daba (environ 6 hommes-jours/ha) ;
- des entretiens sont nécessaires ;
- ils doivent être enherbés ou plantés avec des graminées pérennes, des arbustes, etc.

Dans les zones caillouteuses, on peut remplacer partiellement ou totalement des ados par des cordons pierreux, ce qui contribue à épierrer les champs. On utilise aussi des petits barrages en pierre pour rétablir la continuité des ados, dans deux situations :

- pour les réparations dans les points faibles où l'eau a rompu les ados ; en laissant passer un peu d'eau, lentement, ils permettent au système de se stabiliser ; on peut ensuite les recouvrir de terre pour rétablir la continuité de l'ados ;
- dans les ravines non conservées pour le passage de l'eau où ils sont installés, de préférence, après quelques années, lorsque le reste du champ est stabilisé ; à ce moment-là, un débordement par-dessus l'ados déjà enherbé risque peu de faire des dégâts.

#### Piquetage des courbes et fossés

##### PRINCIPE

Cette étape implique l'utilisation d'un appareil de topographie. Cependant il n'est pas nécessaire de rechercher une grande précision, si bien que le

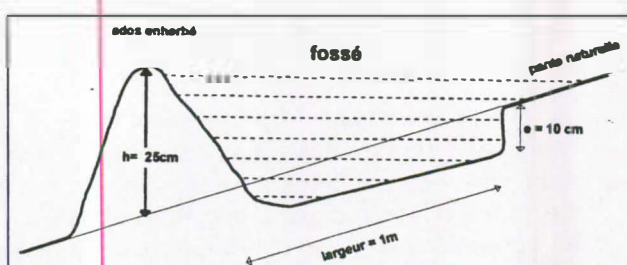


Figure 4. Schéma d'un fossé et ados faits à la main pour une courbe de niveau ou un fossé de diversion.

travail peut être fait, après une formation spécialisée, par des vulgarisateurs de base ou par des paysans (« équipe technique villageoise »). En effet, comme on cultive sur des billons, une précision de  $\pm 5$  cm sur l'altitude est suffisante. Le piquetage est fait directement au champ, sans levé topographique préalable et il n'est pas dressé de plan du champ après l'aménagement.

#### APPAREIL

Un niveau de chantier, de marque Wild, modèle NK1, est habituellement utilisé et avec lequel la vitesse du travail est d'environ 1 ha/heure.

Quand la pente est supérieure à 2 %, il est possible d'utiliser un niveau très simple, déjà vulgarisé au Mali, formé d'un tuyau de plastique transparent de 10 m de longueur, rempli d'eau, monté sur des règles de 1 m de hauteur à chaque extrémité (figure 5). Quand la pente est faible et à fortiori pour les travaux de drainage, avec ce niveau artisanal, le temps de travail devient long et la précision faible.

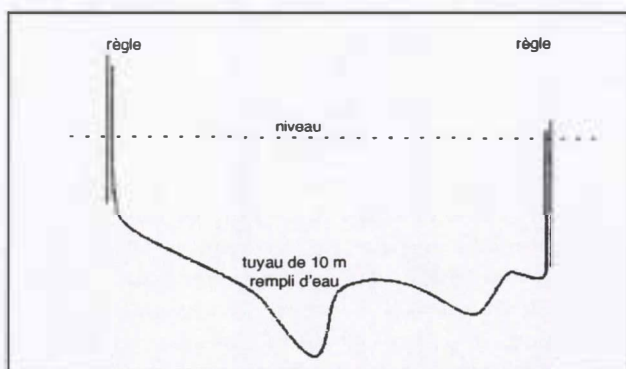


Figure 5. Principe du niveau à eau artisanal vulgarisé au Mali.

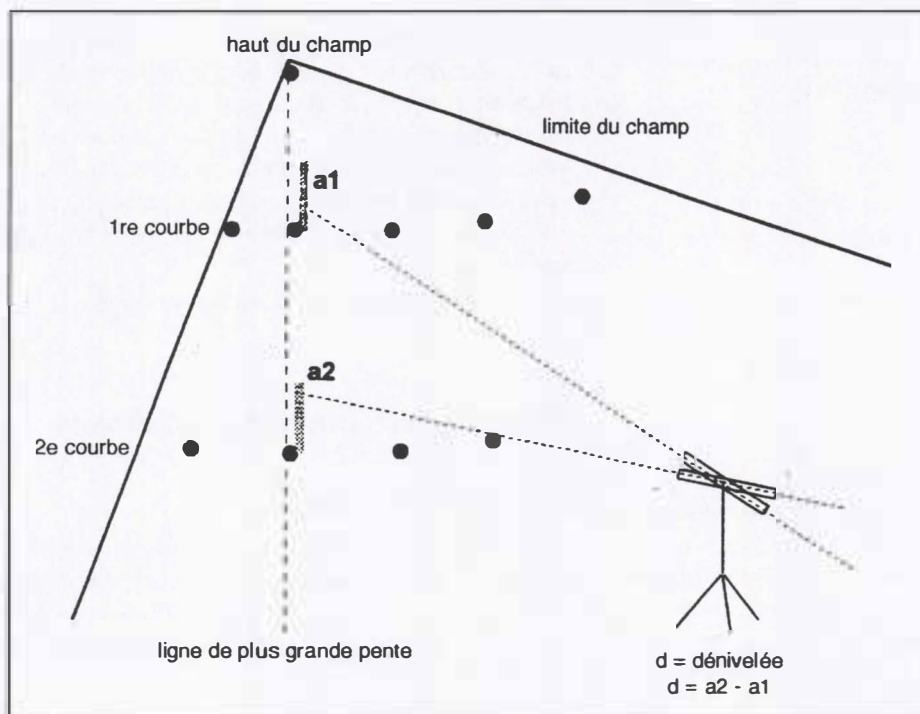


Figure 6. Principe du piquetage des courbes du niveau avec le niveau « Wild ».

#### PIQUETAGE DES COURBES DE NIVEAU

Pour réaliser le piquetage des courbes de niveau (figure 6), il faut partir du point le plus haut du champ, en suivant la plus grande pente et rechercher le point ayant une dénivelée de 80 cm. Si la distance entre le point haut et ce point est inférieure à 50 m, marquer ce point, puis tracer à ce niveau la première courbe.

Si la pente est faible, cette distance dépasse 50 m de largeur. Marquer alors le point à 50 m et prendre ce point comme base pour tracer la première courbe. Dans ce cas, la dénivelée entre le point haut et la première courbe est inférieure à 80 cm.

Sur la courbe, mettre un piquet chaque 10 mètres. Quand la première courbe est terminée, recommencer de la même façon pour la deuxième courbe, puis pour les courbes suivantes, jusqu'à la fin de la parcelle. Si une courbe présente des sinuosités importantes, il est possible de la régulariser, en utilisant la tolérance de  $\pm 5$  cm sur l'altitude pour lui donner une courbure régulière qui ne gêne pas le travail aux bœufs. Pour cela, imaginer une courbe régulière qui passe à proximité des piquets. Déplacer les piquets pour les placer sur cette courbe proposée et vérifier qu'ils restent dans la marge de  $\pm 5$  cm.

#### PIQUETAGE DES FOSSÉS DE DÉRIVATION

On utilise une méthode semblable à celle utilisée pour les courbes de niveau, mais en donnant une pente régulière au fossé. Ainsi si la pente choisie est de 3 %, et si l'on place les piquets en allant du haut vers le bas du fossé, on augmente de 3 cm la hauteur lue sur la mire chaque 10 m, d'un piquet au suivant.



## Réalisation et entretien des ouvrages

### Priorité des travaux

En général, l'aménagement doit être étalé sur plusieurs années, en fonction des capacités de travail de l'exploitation. Il vaut mieux, généralement, prévoir peu de travaux la première année, afin que le paysan et sa famille puissent s'habituer à ce nouveau travail sans se décourager. Pour que le travail se fasse de façon harmonieuse, il vaut mieux, également, commencer par les travaux en amont du champ, qui protègent aussi l'aval. On peut donc retenir l'ordre de priorité suivant :

- fossé de dérivation en amont ;
- courbes de niveau immédiatement à l'aval du fossé de dérivation ;
- courbes plus à l'aval ;
- fermeture des ravines intermédiaires, qui seront progressivement récupérées.

Dans les zones avec excès d'eau, que l'on doit donc drainer, on commence par le fossé de drainage, à partir de l'aval.

### Organisation et période des travaux

#### Principe

Les travaux pour la lutte contre l'érosion ne doivent pas trop perturber le calendrier de préparation des terres et ils ne doivent pas retarder les semis. Or, il est beaucoup plus facile de faire les ouvrages en terre, fossés ou ados, quand la terre est humide. Il faut donc organiser le travail en fonction des situations concrètes et du climat de l'année.

#### Travaux en saison sèche

Les travaux réalisables en saison sèche sont :

- les ouvrages en pierres, cordons pierreux et barrages en pierres ;
- des ouvrages en terre quand le sol est sableux et assez meuble. Les ados, non compactés, s'humectent et se tassent naturellement après les premières pluies.

#### Travaux lors des premières pluies

Des travaux peuvent être réalisés lors des premières pluies — de telles pluies existent presque tous les ans —, avant la période des travaux agricoles proprement dit. Si la pluie est forte, il est possible de faire complètement les ados et les fossés, ce qui permet à ces ouvrages de s'enherber avant la période très pluvieuse. Cependant, les bœufs ne sont pas toujours

disponibles à ce moment-là, car ils sont soit partis en transhumance, soit trop amaigris pour travailler.

Après une petite pluie, une ébauche de fossé ou d'ados peut être réalisée, qui permettra une meilleure infiltration des pluies suivantes et donc de recreuser le fossé et d'augmenter l'ados, même si les pluies suivantes sont peu importantes. Le risque d'érosion de ces ébauches d'ouvrages existe, mais il n'est pas très élevé car la partie travaillée est très limitée.

### Intérêt des travaux aux bœufs

Un travail aux bœufs, à la charrue ou aux dents, ameublit la terre, ce qui permet de la travailler plus vite à la main. En faisant plusieurs allers-retours à la charrue, toujours en adossant, il se forme un ados, à compléter à la main. Deux passages aller-retour donnent un petit ados, un peu plus gros qu'un billon. Cinq permettent d'obtenir déjà un gros ados.

Le choix des paysans est souvent de faire le maximum de travaux attelés et, en cas de mortalité des bœufs, il est fréquent que les travaux prévus ne soient pas réalisés.

### Réalisation des ouvrages antiérosifs pendant la saison des pluies

Il est possible de limiter les travaux avant la mise en place des cultures à de simples ébauches, puis de compléter les ouvrages pendant la saison des pluies. Par exemple, il suffit d'un billon pour marquer l'emplacement des courbes de niveau et installer les lignes de culture et les billons en suivant les courbes de niveau. De même, les fossés de drainage peuvent, sans inconvénient, être creusés pendant la saison des pluies.

Dès que les pluies permettent les semis, le paysan doit s'occuper en priorité de l'installation de ses cultures et il n'a plus de temps pour s'intéresser aux ouvrages antiérosifs. Mais il peut à nouveau y travailler pour les compléter ou pour les réparer :

- au moment des sarclages et des buttages, où il peut compléter l'ados en même temps qu'il travaille sur ses cultures ;
- après les sarclages et avant les récoltes.

### Entretien des ouvrages antiérosifs

#### Installation des cultures

L'installation des cultures, en suivant la courbe de niveau, est la meilleure méthode d'entretien de l'aménagement antiérosif. Les cultures profitent de l'infiltration de l'eau de pluie et le ruissellement est limité. Elles minimisent, ainsi, le risque de rupture des ouvrages antiérosifs.



Les lignes de semis doivent suivre exactement la courbe de niveau, pour qu'il n'y ait pas de points bas où l'eau risquerait de déborder et de casser les billons. Les billons de niveau peuvent être fabriqués dès le début de la saison des pluies, avant de semer sur leur sommet. Il est aussi possible de semer à plat puis de butter, à condition que le semis soit fait en suivant la courbe de niveau. Le buttage doit être fait dès que possible après la levée, afin que le système de billons soit en place avant la période très pluvieuse. La meilleure conservation de l'eau par les billons de niveau devrait permettre des semis plus précoces et une végétation allongée en fin de saison des pluies, ce qui fait espérer des rendements plus élevés et plus réguliers.

### Réparation et entretien des ados

La première année, la terre fraîchement remuée est fragile et les ados se rompent toujours plus ou moins au moment des grandes pluies. Le paysan peut réparer les petites cassures avec la terre, en faisant un ados un peu plus gros. Avec le tassement et l'enherbement des ados, ce risque disparaîtra progressivement.

Il existe souvent quelques points fragiles où il se produit de grosses cassures, qui peuvent être réparées selon les méthodes suivantes :

- un barrage en pierres formé de gros cailloux, mais aussi de petits cailloux dans les trous entre les gros, afin que l'eau s'écoule lentement, ce qui limite les risques d'érosion à l'aval ainsi que les débordements par-dessus l'ados de terre à côté de la réparation ; le sable transporté par l'eau se dépose dans le fossé à l'amont de l'ados, que l'on devra curer régulièrement ;
- un ados renforcé de cailloux, ou un barrage en pierres recouvert de terre : cette solution permet d'obtenir un ados plus solide qu'un simple ados de terre ;
- les débris végétaux, morceaux de bois ou herbes du sarclage, n'ont généralement pas un effet favorable, car ils flottent au-dessus de l'eau et ne l'arrêtent pas ; cependant, dans deux circonstances, ils peuvent être efficaces : les herbes du sarclage posées sur un cordon pierreux et des pailles lestées par des cailloux, qui ralentissent et filtrent l'eau qui ruisselle.

Dans les zones sans cailloux, on peut refaire un gros ados de terre, nettement plus élevé que l'ados voisin, en fin de saison des pluies, quand la terre est encore humide : il se tasse pendant la saison sèche, il se couvre de végétation et devient beaucoup plus solide l'année suivante.

Indépendamment des réparations des cassures, les ados doivent être entretenus. Il est nécessaire :

- d'augmenter leur hauteur pendant les premières années et de renforcer les points faibles ; c'est surtout

important pour les petits ados au départ. On peut utiliser les mêmes méthodes que pour la réalisation initiale des ados, à la main ou aux bœufs ;

- d'entretenir une végétation abondante ;
- de remonter les ados tous les 5 ou 6 ans, car ils s'usent (pluies, passage des animaux, travail des champs).

### Végétation des ados, des fossés et des berges des ravines

Il est recommandé qu'une végétation abondante recouvre en permanence les zones où le ruissellement pourrait faire des dégâts. Plusieurs solutions sont possibles, suivant les objectifs des paysans.

L'enherbement spontané est une bonne solution. Cependant ces herbes peuvent devenir gênantes quand certaines espèces d'adventices envahissent les cultures voisines.

Tous les fourrages peuvent convenir (*Panicum*, *Stylosanthes*, etc.).

Les plantations de graminées pérennes se prêtent à ce recouvrement et en particulier, *Andropogon gayanus*, une graminée spontanée bien connue des paysans. Cette graminée peut être repiquée par éclats de souches, reprend bien, couvre bien le sol (assez lentement la première année) et n'est pas une mauvaise herbe, car ses graines ne lèvent pas dans les champs cultivés.

Les cultures des ados peuvent être, également, une très bonne solution, surtout s'il s'agit d'une culture qui couvre bien le sol, à condition, néanmoins, que l'on ne réduise pas l'ados par le sarclage ou la récolte, mais que, au contraire, tous les travaux soient faits dans le sens de l'augmentation de l'ados (buttage, etc). On peut utiliser la même culture que dans le champ (coton, maïs, etc.), ou une autre culture, de préférence semée à une date nettement différente (maïs très précoce, gombo, niébé, sorgho, condiments, etc.).

Les plantations d'arbres ou d'arbustes sont possibles à condition de choisir des espèces utiles pour le paysan et qui ne gênent pas trop les cultures. Ils ont souvent un effet moindre que les herbes contre l'érosion, mais ils marquent de façon à peu près définitive les courbes de niveau et les limites des champs. Des problèmes de droit foncier peuvent néanmoins surgir.

## Exemples d'aménagements

### Champs de Broulaye Diarra à Kono-bougou (région de Fana)

Il s'agit de deux champs contigus, séparés par une bordure enherbée, d'une surface totale d'environ

7 ha, cultivés depuis très longtemps (80 ans, mais avec des périodes de jachère jusque dans les années 1980). Il sont situés à la limite entre les parties hautes et basses du glacis cultivé. Dans la partie haute, la pente est bien marquée (2 à 4 %), l'horizon de surface est sableux et de couleur jaune rougeâtre. A environ 30-40 cm de profondeur, on trouve un horizon argileux, rouge, très poreux. Le sol est très profond et perméable. Sous culture, de nombreuses rigoles se sont formées, la fertilité du sol est faible et ne permet que difficilement la culture du cotonnier, ce qui risque d'entraîner l'appauvrissement rapide de ce sol, car le cotonnier est la seule culture recevant régulièrement de l'engrais. Dans la partie basse, la pente devient très faible (0,6 %) et le sol est plus ou moins hydromorphe. Une ravine importante arrive dans le champ, en provenance d'un champ voisin. Elle traverse la partie haute du champ, puis s'étale dans la partie basse, en déposant du sable en une sorte de petit delta, de 30 à 40 m d'envergure. Une haie (sisal et arbustes spontanés) a été plantée sur le bord amont du champ par le paysan voisin, pour marquer de façon durable une limite contestée. Elle limite fortement l'érosion.

L'aménagement a été fait progressivement (figure 7). En 1993, la partie en amont a été aménagée en courbes de niveau et les eaux venant de l'amont ont été dérivées par deux petits fossés, situés au bord du champ et formés simplement par des dérayures à la charrue à bœufs, légèrement recreusées à la main. En 1994, l'aménagement en courbes de niveau de la partie haute du champ a été complété. En 1995, à la demande du paysan, la partie aval à pente très faible, environ 0,6 % a été aménagée ; il n'y avait pas alors de risque d'érosion, mais le paysan recherchait la conservation de l'eau, notamment pour permettre des semis plus précoces.

Un fossé d'écoulement de l'eau, suivant la plus grande pente, est entretenu sur un autre bord du champ, pour évacuer de l'eau venant de l'amont (ravine 2). Il a tendance à s'ensabler et déborde parfois, en faisant des dégâts dans le champ. Il est entretenu par un curage annuel. En 1995, on a semé du *Stylosanthes hamata* sur le bord de ce fossé.

La ravine principale a été laissée sans aménagement, mais on a évité de la cultiver et de la sarcler, afin que ses bords ne s'élargissent pas. L'eau qu'elle apporte s'étale largement dans la partie basse du champ, entre les billons de niveau, où elle s'infiltre.

## **Champ de Zan Diarra à Siguidolo (région de Fana, secteur de Konobougou)**

Quand il est proposé à l'aménagement, en 1994, ce champ est voué à l'abandon. Les cultures avaient été

déracinées par le ruissellement en 1993 et la pastèque semée en 1994 ne produisait pas. En fait, cette première impression est apparue trompeuse, car le champ, subit peu d'érosion diffuse, son sol est plutôt fertile mais est épuisé par une culture sans engrais. Par contre, le champ subit de l'érosion au passage de ravines venues de l'amont et c'est ce qui a été traité tout d'abord.

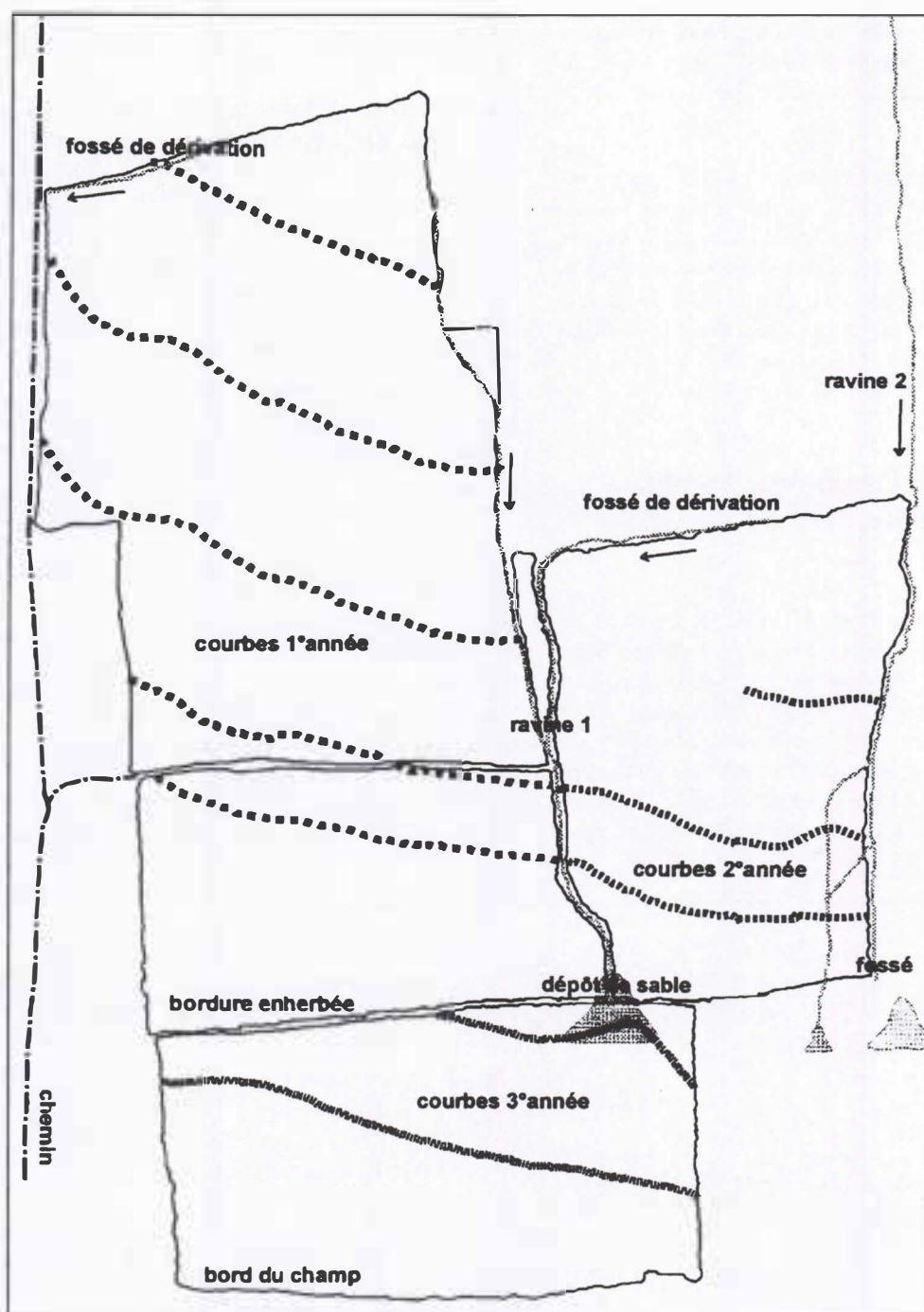
Deux passages d'eau très différents se présentent sur ce champ (figure 8). D'un côté, la ravine 1, bien marquée, a tendance à déposer du sable dans la zone du champ (elle creuse dans le champ voisin, en amont). Le passage de l'eau est inévitable et il n'est pas vraiment gênant. Cependant des barrages en pierres avaient été faits régulièrement le long de cette ravine, pour arrêter les sédiments et faire infiltrer l'eau. Ils ont eu une conséquence fâcheuse et prévisible : détourner l'eau vers le champ, où elle a érodé de la bonne terre. Cette ravine s'élargissait inutilement. De l'autre côté du champ, la ravine 2 divaguait après avoir quitté son lit habituel dans le champ d'un voisin à l'amont. Elle passait entre les billons, en empruntant un nouveau chemin à chaque nouvelle pluie et en cassant les billons sur son passage. Ainsi cette petite ravine provoquait d'importants dégâts.

L'aménagement a été, là aussi, réalisé progressivement (figure 8).

La ravine 1, importante, n'est plus cultivée depuis 1994 et ses berges se sont enherbées. Cela a suffi pour qu'elle retrouve une largeur normale. La largeur étant moins grande, la vitesse de l'eau est plus forte et on observe un léger creusement, qui devrait achever la fixation de cette ravine.

La ravine 2 qui divaguait a été dérivée en suivant le bord du champ, pour diriger l'eau vers une autre ravine bien fixée, la ravine 3, qui constitue un passage d'eau inévitable. La pente moyenne est d'environ 0,5 %, mais à deux points hauts, il a fallu creuser plus profondément. Le travail a été réalisé en deux années. La première année, la partie en amont a été traitée, en dérivant l'eau vers un ancien cours de la ravine qui traverse le champ. La deuxième année, le fossé a été prolongé vers l'aval, et l'ancien cours a été obstrué pour diriger l'eau dans le fossé. Ce barrage a été fait de façon très simple mais efficace par un tas de tiges de sorgho, lestées par de gros cailloux, formant un filtre qui a arrêté le sable des premières pluies, si bien que l'eau a été repoussée vers le fossé. Le paysan complète ce dispositif par un barrage en pierres qui sera permanent. Il a fallu renforcer le bord du fossé avec des cailloux en plusieurs endroits, pour éviter les débordements. Ce fossé de dérivation est maintenant fonctionnel. Il a tendance à recreuser les points hauts et atteindra probablement bientôt un équilibre assez stable. Il s'ensable dans les parties basses, qui doivent être curées de temps en temps, pour éviter les débordements.





**Figure 7.** Schéma de l'aménagement du champ de M. Broolaye Diarra à Konobougou (Mali, région de Fana).

A l'abri du fossé de dérivation ainsi construit, l'aménagement du champ en courbes de niveau a commencé en 1995, il est interrompu au passage des anciennes ravines, qui ne seront récupérées qu'après quelques années. Il est prévu que cet aménagement soit complété progressivement en 1997 et les années suivantes.

### Champ de Daouda Traoré à Kayan (région de Fana, secteur de Dioïla)

Ce champ est situé dans une zone plane qui souffre d'excès d'eau en période très pluvieuse. Un puits

existe sur ce champ et selon le paysan, certaines années le niveau de l'eau dans le puits remonte jusqu'à la surface pendant le mois d'août. L'aménagement vise donc à évacuer l'excès d'eau, tout en gardant au maximum l'eau des premières pluies, pour faire des semis et des buttages précoces.

Il a été réalisé (figure 9) :

- un fossé de drainage pour évacuer l'excès d'eau ; on a choisi le chemin le moins gênant possible, en suivant le bord de la parcelle (pente 2 à 3 %). Le fossé n'a été creusé que faiblement, mais le paysan estime qu'il a bien fonctionné ;
- des ados de niveau avec un fossé amont ouvert sur le fossé de drainage, pour favoriser l'évacuation de

l'excès d'eau en période pluvieuse, sans accentuer les pertes d'eau en début de saison. On a semé du *Panicum* sur les ados et on l'a coupé comme fourrage.

Il n'a pas été possible d'orienter les billons suivant les courbes de niveau en 1995, car les ados de niveau ont été fabriqués après les semis. Cela a été fait en 1996. Les billons ainsi orientés retiennent mieux l'eau des premières pluies, ce qui favorise les semis précoces, et les sarclages et buttages avant la période d'excès d'eau en août.

### Champ de Isaye Dembelé à Zamblala (région de Koutiala, secteur de M'Pes-soba)

Un passage d'eau important traverse le champ, en provenance d'un chemin à l'amont. A l'arrivée dans le champ, la pente étant faible, du sable stérile se dépose. Pour arrêter cette eau, le paysan avait fabriqué des fascines, qui, dans cette situation de pente faible et de circulation très lente de l'eau, ont été très efficaces pour ralentir et étaler l'eau. Il en est résulté un dépôt important de sable et un fort élargis-

sement de la zone stérile, qui ne servait pas l'intérêt du paysan.

L'aménagement (figure 10) a été conçu de façon que l'eau passe tout en gênant le moins possible les cultures. Tout ce qui gênait la circulation de l'eau a, tout d'abord, été enlevé, puis un fossé a été légèrement creusé et on a laissé pousser la végétation naturelle sur les bords. Une bonne partie de ce fossé s'est stabilisée dès la première année. En continuant l'action dans le même sens, le reste du fossé s'est pratiquement stabilisé la deuxième année.

Dans le reste du champ, il n'y avait aucun signe d'érosion ni de problèmes d'infiltration de l'eau, aucun autre aménagement n'a donc été fait.

## Conclusions

Au départ, l'aménagement a été proposé contre l'érosion. Cependant les questions des paysans ont aussi porté très fréquemment sur des problèmes d'excès d'eau ou de ruissellement excessif mais sans pertes de terre importantes. C'est finalement toute la maîtrise de l'eau pluviale qui intéresse les paysans, soit pour la conserver et l'utiliser au mieux, soit pour

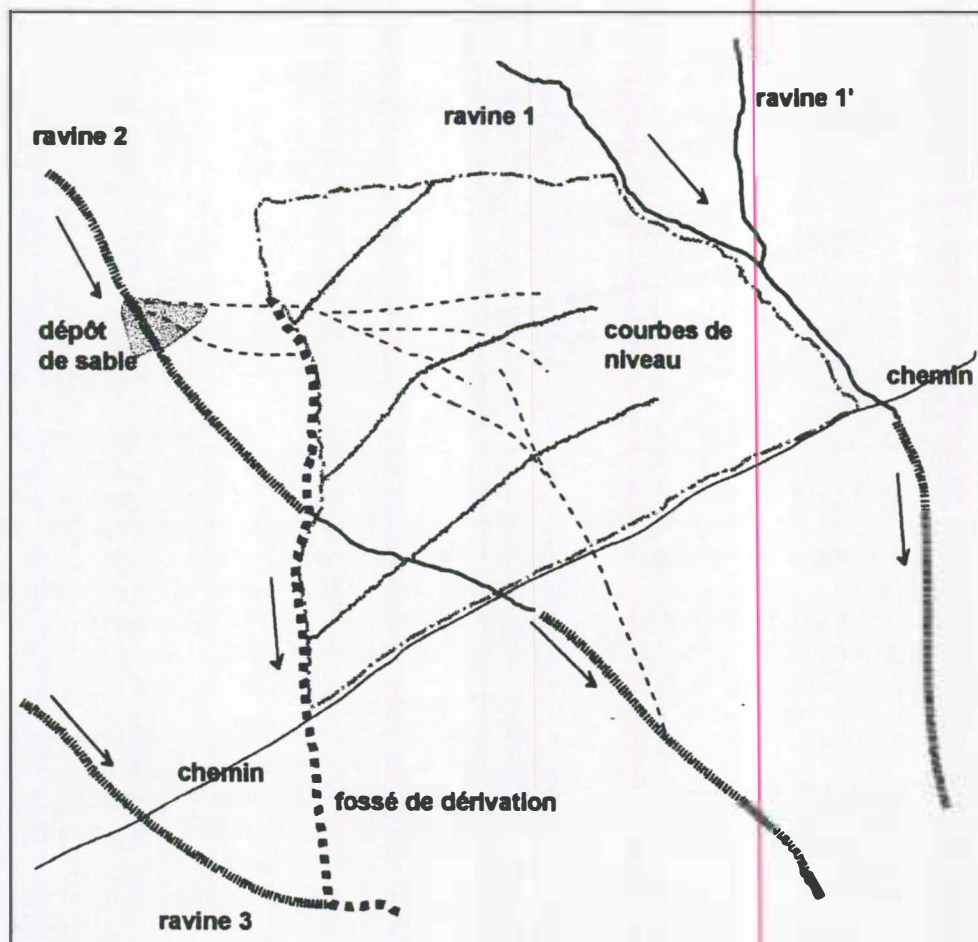


Figure 8. Schéma de l'aménagement du champ de M. Zan Diarra à Siguidolo (Mali, région de Fana).



évacuer les excès en faisant le moins de dégâts possibles. C'est sur l'ensemble de ces critères, et non sur le seul transport de terre par l'érosion, que les paysans apprécient la pertinence de la méthode par rapport à leurs propres objectifs.

La méthode s'est révélée assez plastique pour lutter contre l'érosion ou l'excès d'eau, dans des conditions compatibles avec la culture telle qu'elle est pratiquée

par les paysans. Les aménagements, à l'échelle du champ, ne demandent pas un travail considérable et ils modifient peu les techniques de culture ni les règles de gestion habituelles. Aussi les réactions des paysans ont été généralement très favorables.

Cependant, il ne faut pas oublier qu'il se posera inévitablement des problèmes de voisinages entre champs, voire entre villages, et que certains problèmes d'aménagements sont d'une dimension telle qu'ils ne peuvent pas être traités à l'échelle individuelle. Les approches à échelles individuelle et collective sont complémentaires.

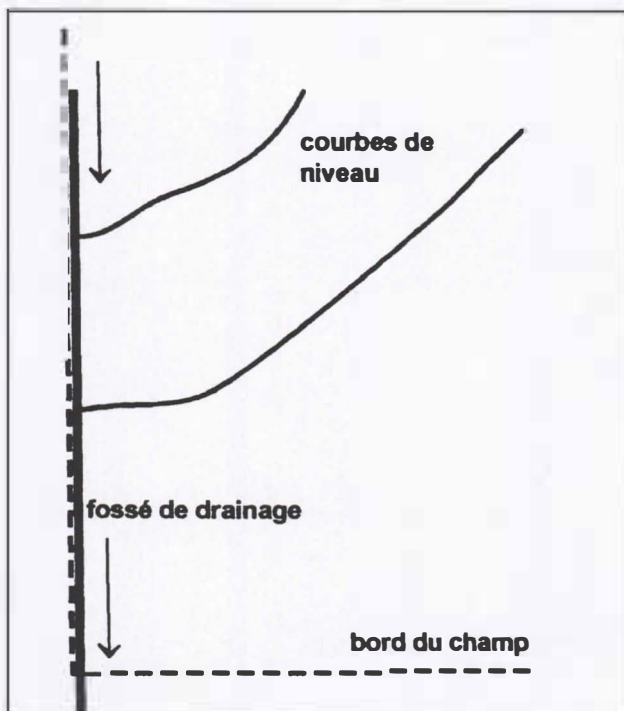


Figure 9. Schéma de l'aménagement du champ de M. Daouda Traoré à Kayan (Mali, région de Fana).

## Références bibliographiques

CTFT, 1979. La conservation des sols au sud du Sahara. Paris, ministère de la coopération. Collection Techniques rurales en Afrique, 2<sup>e</sup> édition, 296 p.

DELISLE Y., JACOB J.P., 1995. Opération de développement et droits fonciers en Afrique. La lutte antiérosive au centre-ouest du Burkina Faso. Sécheresse 6 (3) : 295-302.

HIJkoop J., Van der POEL P., 1989. Mali-Sud. D'un aménagement antiérosif des champs à la gestion de l'espace rural. Royal tropical institute, Amsterdam, The Netherlands, Bulletin Kit 317 : 52.

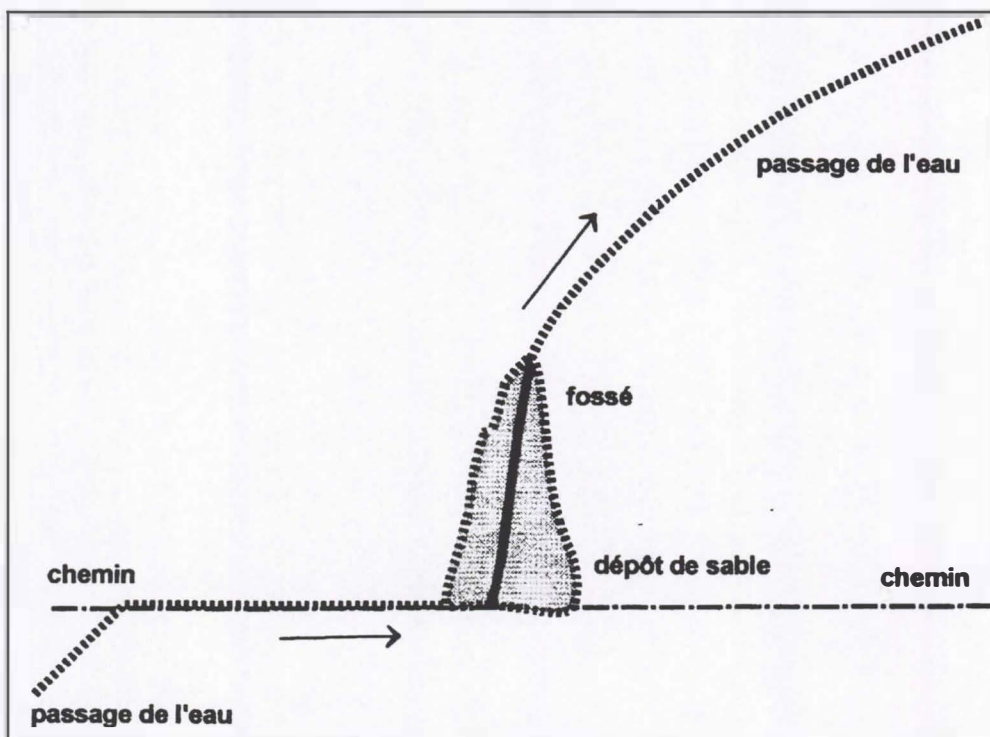


Figure 10. Schéma de l'aménagement du champ de M. Isaye Dembelé à Zamblala (Mali, région de Koutiala).

HIJKOOP J, Van der POEL P., KAYA B. 1991. Une lutte de longue haleine... Aménagements antiérosifs et gestion de terroir. Coll. Systèmes de production rurale au Mali. Vol 2. 1er Bamako/Kit Amsterdam, 154 p.

MARCHAL J.Y. 1986. Vingt ans de lutte antiérosive au nord du Burkina Faso. Cahiers Orstom, série Pédologie 22 (2) : 173-180.

VALLERAND F., 1994. The contribution of Action-Research to the organization of agrarian systems : preliminary results of experiments under way in

france. In DRENT J.B., MCGREGOR M.J., (Eds) : Rural and farming systems analysis, European perspective. 1st european Convention on farming systems research/extension, Edinburg 1993/10/6-9, Scotland Cabi, p. 320-337.

Van CAMPEN W. 1991. The long road to sound land management in southern Mali. In SAVENIJE H., HUIJSMAN A. (Eds), Making haste slowly. Strengthening local environmental management in Agricultural development. Amsterdam NL, Kit, Development-Oriented Research in Agriculture 2 : 131-14 : 131-148.